

XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 4-5 грудня 2018 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

УДК 681.2.008

Д.М. Чапачев, студент гр. ПІ-71мп, д.т.н., проф. Гераїмчук М.Д.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## РОЗРОБКА ТЕНЗОМЕТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ТЕРМОКОМПЕНСАЦІЄЮ

**Анотація.** В даній роботі розглядається питання проектування тензометричного перетворювача для вимірювання навантаження з термокомпенсацією. Дані перетворювачі використовуються для вимірювання ваги в екстремальних умовах. Проведено дослідження та вибір чутливого елемента тензометричної системи вимірювання інформації а також запропонована система компенсації температурних похибок. Для компенсації температурних похибок використовуються терморезистори, які поєднуються із класичною мостовою схемою тензометричного перетворювача навантаження.

**Ключові слова:** ваговимірювальний перетворювач, вимірювання ваги, похибка ваг.

### ВСТУП

Аналіз та огляд відомих рішень вказав, що даними питаннями займаються наступні фірми: Keli Sensing Technology, Веда, Техно Ваги, SmS Sensor, Mettler Toledo, Zemic та ін.

В якості чутливого елемента для даного діапазону вимірювання навантажень використовують чутливий елемент стискування. Для контролю та аналізу його деформацій використовується система тензорезисторів. Однак в даних системах не передбачена система компенсації температурних похибок.

В літературі розглянуто питання моделювання даних перетворювачів, однак в цих роботах приведені дані для обмеженого матеріалу, які лише частково задовольняють технічні умови за певними показниками точності/стабільності показань.

Компенсація температурних похибок реалізується використанням мостової схеми із терморезисторами, яка живиться від мережі постійного струму або від літій-іонних акумуляторів. Сигнал з мостової схеми поступає на мікропроцесорний перетворювач в якому за розробленим алгоритмом корегується вихідний сигнал.

В якості елементів живлення використовують акумулятори, які мають обмежений ресурс роботи, тому в даній роботі запропоновано дослідження і розробка перетворювачів навантаження, виготовлених з нового виду матеріалу, який володіє підвищеними метрологічними характеристиками.

Принцип дії розроблюваного перетворювача навантаження може бути представлений у вигляді наступної структурної схеми на рис. 1.

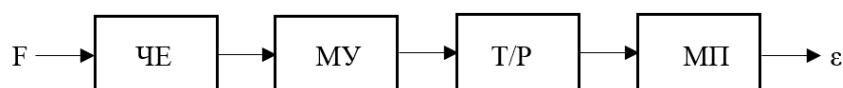


Рисунок 1. Структурна схема тензометричного перетворювача

В якості чутливого елемента(ЧЕ) вибрана форма стискування виготовлена з спеціальними площадками для наклеювання тензорезисторів. А також з протилежної сторони площадки для наклеювання терморезисторів (Т/Р). Аналіз тензорезисторів показав, що для даних перетворювачів найкраще підходять тензорезистори на фольговій підкладці типу ВВ(ВВВ)[1], що випускає фірма

Zemіс, які мають наступні технічні та метрологічні параметри. Дані технічних та метрологічних характеристик приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристики тензорезисторів серії ВВ (ВВВ) 250°C

<i>№ п/п</i>	<i>Номінальний опір</i>	<i>Коефіцієнт точності</i>	<i>Дисперсія коеф. точності</i>	<i>Межа деформації</i>	<i>Діапазон робочих температур</i>
1	120, 350	1.86 ~ 1.98	$\leq \pm 1\%$	1.5%	-269 ~ +250°C

В якості елемента, з допомогою якого буде реалізована компенсація температурної похибки було обрано терморезистор типу ТРА-1, ТРА-2[2] на основі напівпровідникового алмаза. В табл.2 представлені їх характеристики.

Таблиця 2. Характеристики терморезисторів типу ТРА-1, ТРА-2

<i>№ п/п</i>	<i>Параметр</i>	<i>При</i>	<i>Розмірність</i>	<i>Величина</i>	
				<i>ТРА-1</i>	<i>ТРА-2</i>
1	Номінальний опір	25°C	кОм	0,01 - 10000	
2	Коефіцієнт температурної чутливості	-200...+300°C	К	300...2500	600...6000
3	Температурний коефіцієнт опору	25°C	%/град	-0,2...-2,3	-0,5...-0,6
4	Максимальна розсіювана потужність	-	мВт	500	
5	Діапазон робочих температур	-	°C	-200...+330	
6	Стала часу	-	сек	1...5	
7	Пікове прискорення багатократного механічного удару	-	g	150	
8	Підвищений атмосферний тиск	-	Па/кг*см2	297200/3	
9	Атмосферні конденсовані опади	-		іній, роса	

Для живлення мостових схем можливо використовувати як живлення від мережі постійного або змінного струму так і портативні акумулятори. Аналіз даних джерел показав що найбільш підходящими є літій-іонні акумулятори, які мають термін роботи до 8 років, а також можуть використовуватися альтернативні джерела енергії, які можуть використовуватися для спеціальних систем, які працюють при високих температурах чи вібрації, мають доступ до сонячного випромінювання, такі як вмонтовані сонячні батареї, тощо. Для об'єднання декількох тензометричних датчиків у ваговимірювальну систему і підвищення точності показань датчиків пропонується скористатися з'єднувальною коробкою. Для обробки вихідних сигналів пропонується використовувати ваговий термінал типу WE 2110[3], який володіє наступними параметрами, наведеними в таблиці 3.

Таблиця 3. Характеристики вагового терміналу WE2110

№ п/п	Параметр		Одиниці вимірювання	Значення
1	Клас точності			0,015
2	Кількість повірочних інтервалів по OIML R76 (клас III, IV)			6000; мультидіап./мультиінт. 2х3000
3	Чутливість входу		мкВ/е	$\geq 0,2$ ( $\pm 1$ OIML)
4	Вимірювальний діапазон		мВ/В	0...3
5	Діапазон корекції нуля		мВ/В	$\pm 2$
6	Одиниці виміру			кг, г, т, фунт
7	Максимальна кількість датчиків			8х350 Ом
8	Напруга живлення датчиків		В	8
9	Схема підключення датчиків			6-/4-провідна
10	Лінеаризація			5 точок
11	Цифровий фільтр нижніх частот			1/1...1/200; ковзаюче середнє
12	Інтерфейс			Дуплекс RS-232, RS-485 (4-провід.)
13	Живлення	Змінний струм	В	110...240 (50...60 Гц)
		Постійний струм	В	12...24
14	Макс. потужність споживання		ВА	10
15	Робочий діапазон температур			-10...+60
16	Клас захисту по ІЕС 529			IP40
17	Напруга живлення (зовнішнє джерело)		В	12...28
18	Макс. напруга		В	50
19	Макс. струм		мА	300
20	Опір навантаження -10...+10В		Ом	>2000
21	Опір навантаження 4...20 мА		Ом	<500

Таким чином, на основі проведеного аналізу, запропоновано вид тензорезисторного перетворювача навантаження, який дозволяє проводити вимірювання маси рухомих об'єктів з підвищеними метрологічними параметрами в нестандартних температурних умовах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zemic Strain Gauge Catalogue (Калібрувальний каталог Zemic) [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.zemiceurope.com/media/Documentation/Straingagescatalogue.pdf>
2. Терморезисторы. Справочная таблица [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.electrosad.ru/Electronics/termSpr.htm> – 2012
3. Operating manual. Digital weighing indicator WE2110 (Інструкція з експлуатації. Цифровий ваговий термінал WE2110) [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.celiss.com/products/files2016121171935107342189.pdf>

Наук. керівник: д. т. н., проф. Гераїмчук М.Д.